

36

Circular  
TécnicaDourados, MS  
Julho, 2016

## Autores

**Danilton Luiz Flumignan**  
Engenheiro-agrônomo,  
doutor em Irrigação e  
Drenagem, pesquisador  
da Embrapa Agropecuária  
Oeste, Dourados, MS

**José Henrique Pastorelli  
Júnior**  
Graduando em  
Engenharia Ambiental,  
Universidade  
Estadual de Mato Grosso  
do Sul, Dourados, MS

**Rafael Mingoti**  
Engenheiro-agrônomo,  
doutor em Irrigação e  
Drenagem, analista da  
Embrapa Gestão  
Territorial, Campinas, SP

**Cornélio Alberto Zolin**  
Engenheiro-agrícola,  
doutor em Irrigação e  
Drenagem, pesquisador  
da Embrapa  
Agrossilvipastoril,  
Sinop, MT

## Proposta de Uso da Vazão de Referência Mensal em Substituição à Anual no Rio Dourados

### Introdução

A outorga de uso da água é um instrumento legal de gestão dos recursos hídricos que dá o direito de uso aos usuários solicitantes, ao mesmo tempo em que busca assegurar a conservação dos ecossistemas e garantir aos demais usuários o direito de uso.

Em corpos hídricos de domínio do Estado de Mato Grosso do Sul, esse trabalho de gestão é capitaneado pelo Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul), o qual se encontra vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico (Semade).

Por motivo da legislação vigente, em Mato Grosso do Sul a outorga tem sido concedida tomando-se como critério 70% da vazão de referência  $Q_{95}$ . No procedimento padrão calcula-se um valor de  $Q_{95}$  fixo que é válido durante todo o ano, fato que negligencia a sazonalidade das vazões dos corpos hídricos superficiais, a qual decorre da própria sazonalidade das chuvas.

Além da  $Q_{95}$  existem outras duas vazões de referência que podem ser calculadas e utilizadas como critério para concessão de outorgas:  $Q_{90}$  e  $Q_{7,10}$ . O índice  $Q_{90}$  representa a vazão com 90% de permanência no tempo e a  $Q_{95}$  com 95%. Isso indica que em 90% e 95% do tempo, respectivamente, a vazão do corpo hídrico é igual ou superior ao índice.

Foto: Oscar Pereira Colman



Já a  $Q_{7,10}$  representa a menor vazão média que ocorre durante sete dias consecutivos e com tempo de retorno de dez anos.

Conforme Bof et al. (2013), a concessão de outorgas, considerando a vazão de referência fixa em escala anual, tem sido largamente utilizada em detrimento da escala mensal. Porém, estes autores salientam que a outorga, alicerçada numa escala mensal, pode ser vantajosa por permitir maior captação de água nos períodos de alta produção de escoamento superficial (cheias) e garantir que menos água seja captada nos períodos de baixa produção (secas).

Nesse sentido, uma análise mais aprofundada, que considere variações mensais da vazão de referência, poderia representar um grande avanço do ponto de vista do melhor aproveitamento dos recursos hídricos no Estado de Mato Grosso do Sul. Isso seria conseguido sem comprometer o equilíbrio dos ecossistemas, nem mesmo os direitos dos múltiplos usuários.

Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de propor o uso da vazão de referência mensal em substituição à anual como critério para concessão de outorgas no rio Dourados. Essa proposta está aplicada tanto à vazão de referência atualmente utilizada pelo Imasul ( $Q_{95}$ ), quanto para as outras duas vazões de referência que podem vir a ser adotadas no futuro em Mato Grosso do Sul ( $Q_{90}$  e  $Q_{7,10}$ ).

## Dados utilizados e forma de análise

Foram utilizados dados disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas, no sistema HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Coletou-se o banco disponível das duas estações fluviométricas do rio Dourados (localizado na Bacia do rio Paraná), sendo elas:

- 1) Nome da estação: Dourados;  
Código: 64609000;  
Período: 1973 a 2004;  
Município: Dourados, MS;  
Coordenadas: 22° 23' 50" S e 54° 47' 31" W;  
Altitude: 348 m;  
Área de drenagem: 5.700 km<sup>2</sup>.

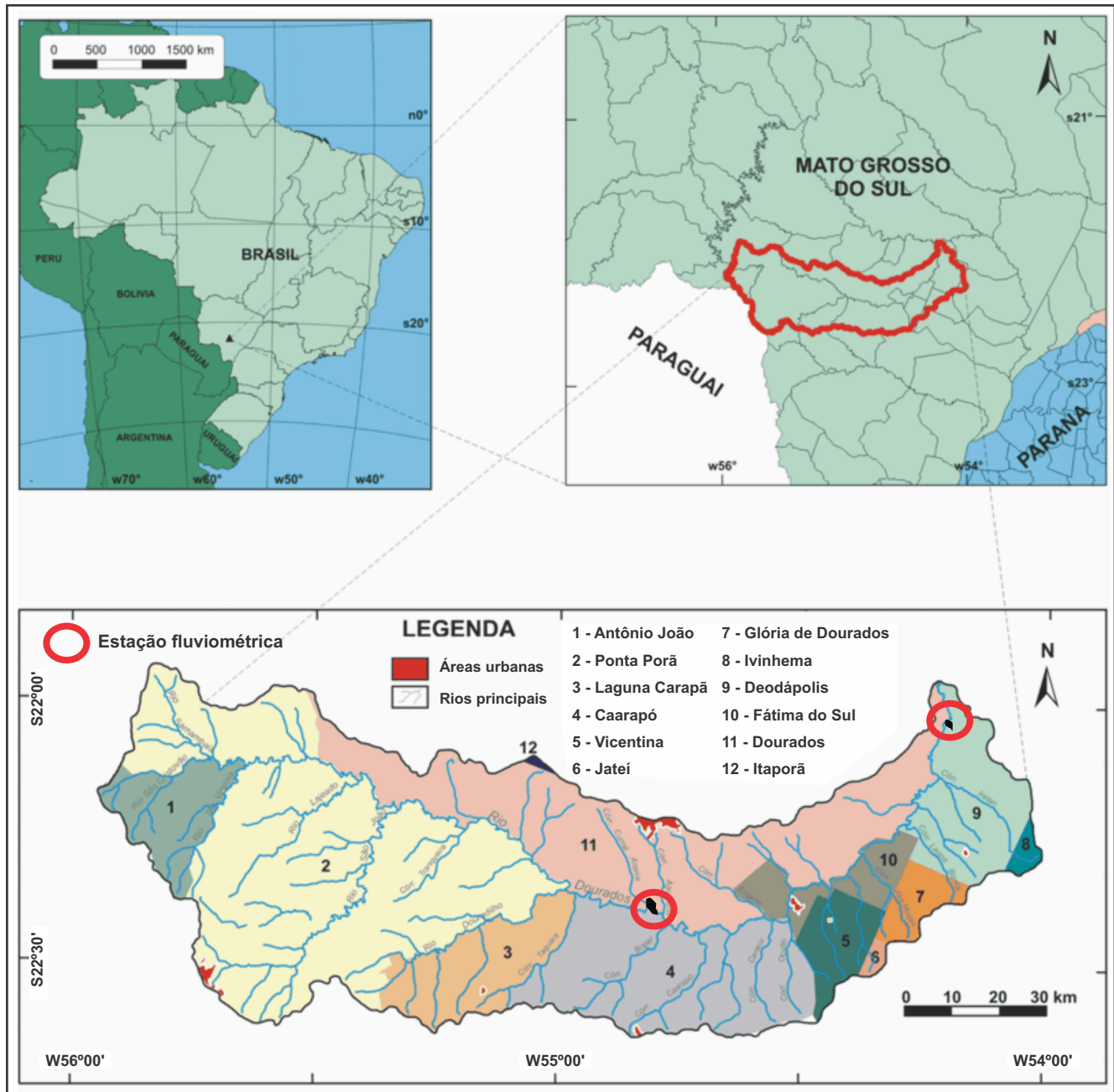
- 2) Nome da estação: Porto Wilma;  
Código: 64610000;  
Período: 1984 a 2007;  
Município: Deodápolis, MS;  
Coordenadas: 22° 04' 08" S e 54° 13' 43" W;  
Altitude: 283 m;  
Área de drenagem: 9.030 km<sup>2</sup> (Figura 1).

Definiu-se como critérios estabelecer o início do ano hidrológico em janeiro (ano civil), a fim de garantir a independência de eventos mínimos associados à série anual; a utilização de dados consistidos e de anos que apresentaram pelo menos 95% dos dias sem falhas. Após essa filtragem, o banco de dados utilizado resumiu-se a:

- 1) Estação de Dourados – 23 anos completos (1973– 1982; 1984–1986; 1989; 1995–2004), com total de 8.730 medições diárias.
- 2) Estação de Porto Wilma – 17 anos completos (1984; 1986–1987; 1993–1994; 1996–2007), com total de 6.209 medições diárias.

De posse dos dados, calculou-se para cada estação as vazões de referência  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$  para as escalas temporais anual e mensal. A estimativa dessas vazões foi realizada utilizando o programa SisCAH 1.0 – Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SOUSA et al., 2009).

Realizou-se a comparação das vazões de referência que foram calculadas em ambas as escalas temporais. Nas análises procurou-se fazer o estudo de caso dos dois postos fluviométricos avaliados, simulando a condição de uma captação na localização destes postos.



**Figura 1.** Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Dourados e postos fluviométricos utilizados.

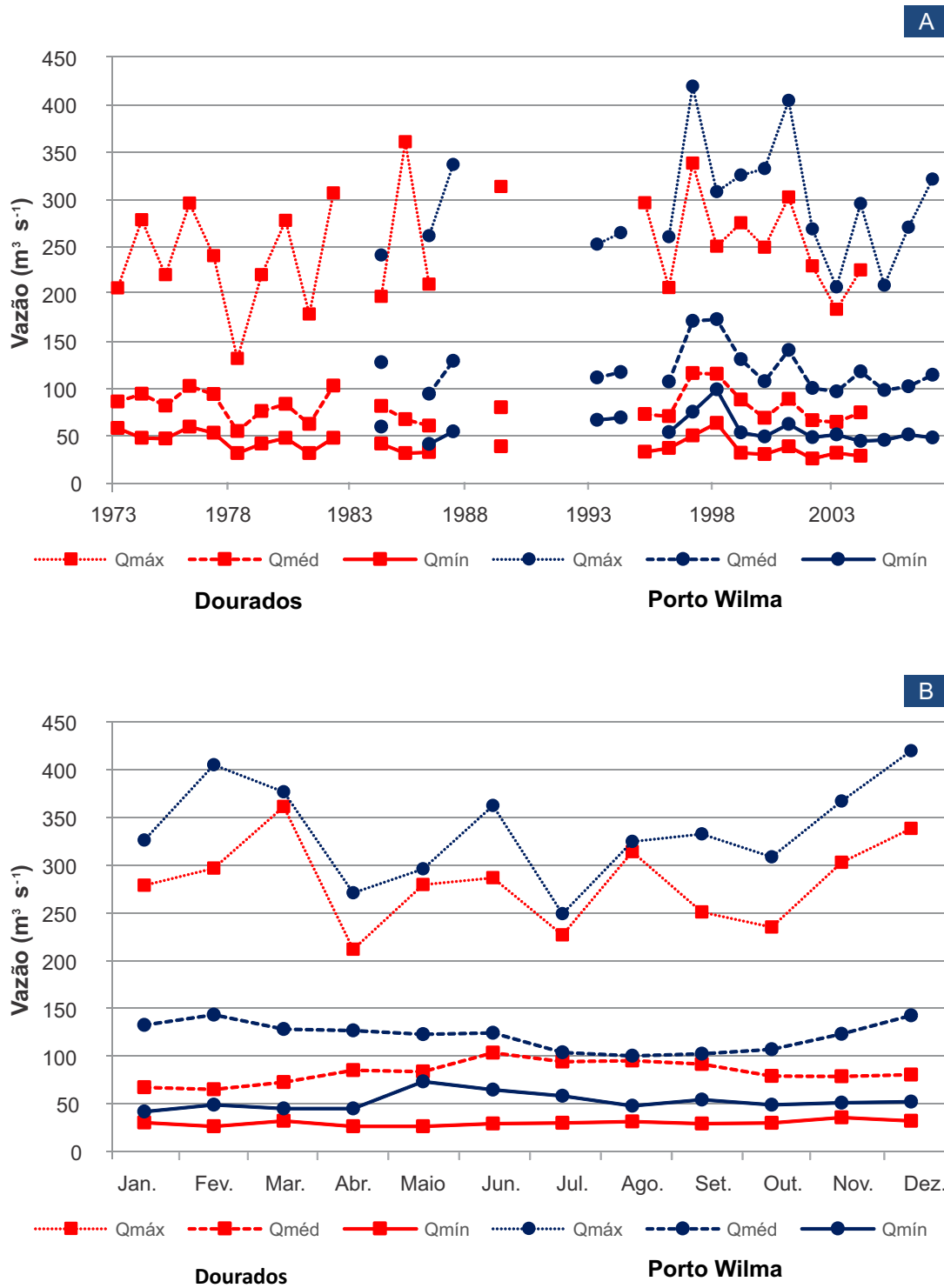
Fonte: adaptado de Gonçalves et al. (2010).

## Vazão instantânea

Ao longo de toda a série histórica a vazão registrada na Estação Dourados variou de 24,6 (mínimo) a 361,2  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$  (máximo), sendo a média da série de 80,6  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ . Na Estação Porto Wilma estes valores foram 40,3 (mínimo), 420 (máximo) e 119,2  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$  (média).

Essa variabilidade é função direta da variabilidade temporal da precipitação na bacia, a qual faz variar essencialmente as taxas máximas de vazão (Figura 2).

Isso decorre do fato de que, após os eventos de chuva, a superfície da bacia se encarrega de escoar superficialmente a água até os corpos hídricos, os quais, por consequência, escoam a água até o exutório da bacia. Esse fluxo é relativamente rápido no tempo, demorando poucos dias (TUCCI, 2009). Diferentemente das máximas, as vazões médias e as mínimas são relativamente semelhantes ao longo do tempo, tanto em escala anual quanto mensal (Figura 2). Ressalta-se que a referida variabilidade também pode estar relacionada, mesmo que em pequena instância, à variação temporal do uso e cobertura do solo na bacia.



**Figura 2.** Vazões máximas (Qmáx), médias (Qméd) e mínimas (Qmín) anuais (A) e mensais (B) registradas na série histórica das estações fluviométricas de Dourados e Porto Wilma.



## Vazões de referência

As vazões de referência ( $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ ) estimadas para as estações fluviométricas Dourados (A) e Porto Wilma (B) nas escalas anual e mensal estão apresentadas na Figura 3 e na Tabela 1. Observa-se que para as duas estações analisadas as vazões de referência sofrem alterações ao longo dos meses. Essas alterações refletem o padrão das chuvas da região, fato que corrobora com Tucci (2009). Isso quer dizer que, no período de maior pluviosidade, as vazões de referência são maiores, pois o escoamento do excesso de água captado pela bacia é maior, gerando assim a necessidade de escoar pelo exutório esse excedente hídrico. Porém, quando as chuvas são mais escassas a vazão dos rios diminui, em razão do menor excedente hídrico que precisa ser escoado pela calha dos rios. Como consequência, as vazões de referência nesse período são menores.

Em Mato Grosso do Sul tem-se utilizado, como critério para concessão de outorga de uso dos recursos hídricos, o índice  $Q_{95}$  anual. Entretanto, conforme demonstram os dados da Figura 3 e Tabela 1, nota-se que em vários meses do ano, em ambas as estações analisadas, poderia ser concedida outorga superior ao previsto na  $Q_{95}$  anual. Isso significa que na prática existe um excedente hídrico nesses meses que não tem sido aproveitado pelos diferentes usuários da bacia. Diferentemente, em outros meses onde a  $Q_{95}$  mensal é menor que a anual, deveria estar sendo disponibilizada menor outorga para assegurar a disponibilidade ecológica da água e os usos prioritários.

Para a Estação Dourados, verifica-se que em 8 meses do ano os valores mensais da  $Q_{95}$  são iguais ou superiores ao anual. A exceção é o período de setembro a dezembro, que coincide com o final da estiagem de inverno e consequente retorno das chuvas da primavera. Nos meses de março e junho, por exemplo, a  $Q_{95}$  é de  $45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sendo 14,2% superior a  $Q_{95}$  anual que é de  $39,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . De outra forma, os meses de menor  $Q_{95}$  são outubro e novembro ( $35,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), sendo 10,7% menores que o índice anual.

A Estação Porto Wilma demonstrou comportamento semelhante, apresentando oito meses do ano em que a  $Q_{95}$  mensal foi igual ou superior a anual. Porém, nesta estação os meses de agosto a novembro apresentaram índice inferior ao anual. No mês de maior  $Q_{95}$  (junho), o índice observado de  $75,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  é 27,9% superior a  $Q_{95}$  anual que é de  $58,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Por

sua vez, o mês de outubro é o que apresenta menor  $Q_{95}$  ( $54,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ), sendo esta 7,5% inferior à anual.

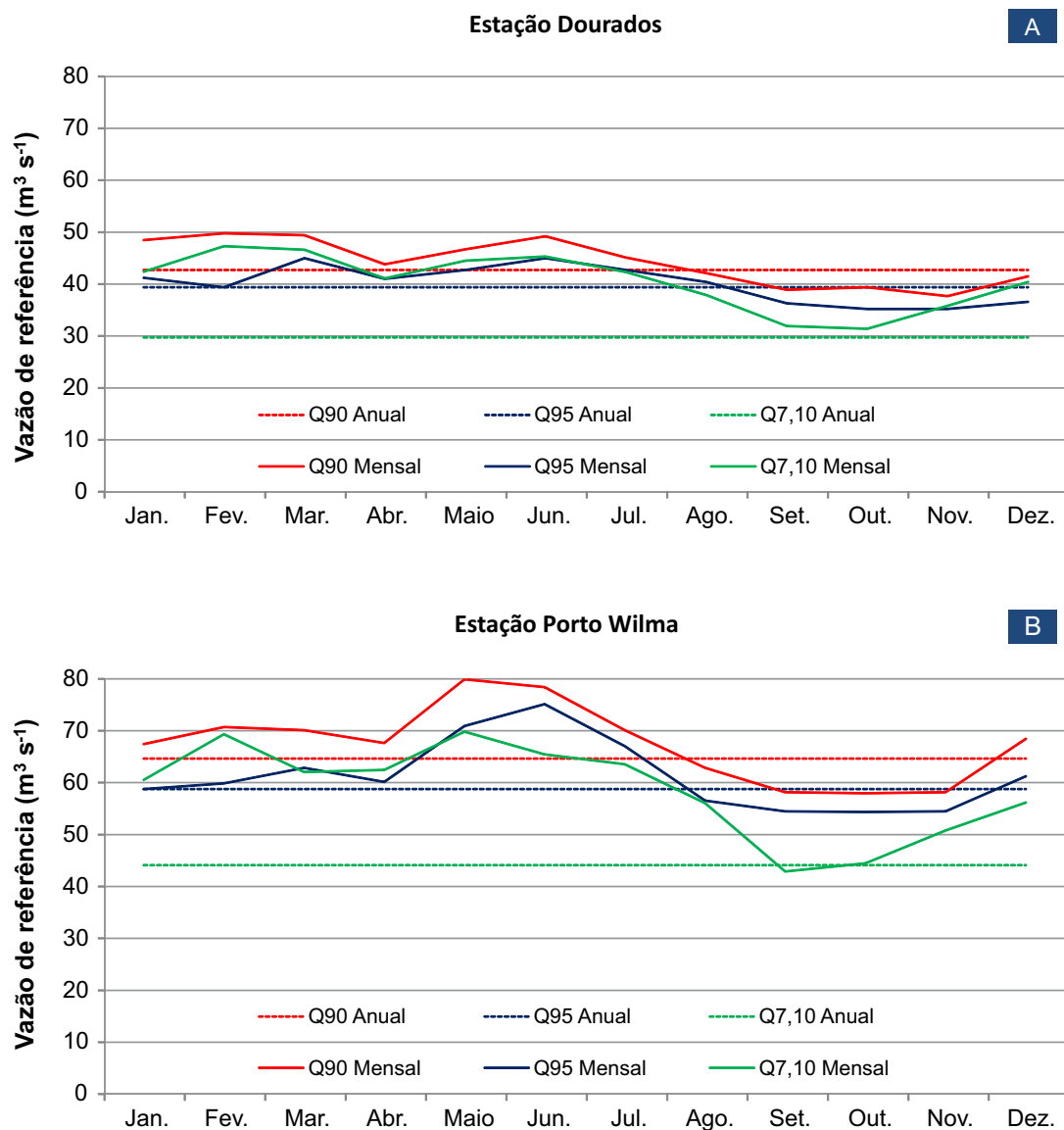
Os resultados obtidos conduzem a três implicações/recomendações:

- 1) Outorga variável: a primeira é de que poderia ser concedida outorga de uso da água variável ao longo dos diferentes meses do ano, já que as vazões de referência são variáveis entre os meses. Contudo, embora na maioria dos meses seria concedida outorga superior ao que se tem atualmente, cabe ressaltar que isso também implicaria em uma maior restrição na outorga nos meses em que o valor mensal é inferior ao anual.
- 2) Reservação da água: deveria ser estimulada, especialmente para usos consideráveis como na irrigação. Nesse sentido, nos meses em que a  $Q_{95}$  excede o valor anual, poderia ser captada maior vazão da água excedente dos rios para ser reservada e, posteriormente, utilizada em períodos de escassez de chuvas, evitando assim a captação de água nos corpos hídricos em épocas de menor oferta de água, ou seja, menor vazão.
- 3) Disponibilidade ecológica: a concessão de outorgas baseada no índice anual sugere poder haver um comprometimento da disponibilidade ecológica de água nos meses de menor disponibilidade hídrica, pois a  $Q_{95}$  anual é superior àquela observada no referido mês.

Conforme demonstrado na Figura 3 e na Tabela 1, essa análise realizada para  $Q_{95}$ , quando feita considerando-se a  $Q_{90}$  e a  $Q_{7,10}$ , conduz a conclusões semelhantes.

Primeiramente, nota-se que a  $Q_{90}$  anual é menos restritiva que a  $Q_{95}$ , fato que implica em maior vazão a ser outorgada para os diferentes usos. Diferentemente, a  $Q_{7,10}$  é mais restritiva, o que implica em menor vazão outorgável.

No entanto, quando feita a análise mensal, a  $Q_{90}$  continua mais permissiva que a  $Q_{95}$ , enquanto a  $Q_{7,10}$  chega a superar a  $Q_{95}$  em alguns meses, especialmente os mais chuvosos. Por isso, ressalta-se a peculiaridade do caso da  $Q_{7,10}$ , em que nesta a outorga mensal é bastante mais permissiva do que a outorga anual. Segundo Silva et al. (2015), este fato se explica pela alteração do comportamento da curva de permanência por causa da diminuição do período de análise e da utilização dos dados de vazão dos períodos de maior disponibilidade hídrica.



**Figura 3.** Vazões de referência ( $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ ) das estações fluviométricas de Dourados (A) e Porto Wilma (B) dadas nas escalas anual e mensal.

**Tabela 1.** Número de amostras diárias (n) e valores anuais e mensais das vazões de referência ( $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ ), dadas em  $m^3 s^{-1}$ , das estações fluviométricas de Dourados e Porto Wilma.

Fase	Dourados				Porto Wilma			
	n	$Q_{90}$	$Q_{95}$	$Q_{7,10}$	n	$Q_{90}$	$Q_{95}$	$Q_{7,10}$
Janeiro	743	48,5	41,2	42,4	527	67,4	58,7	60,5
Fevereiro	677	49,8	39,4	47,3	480	70,7	59,8	69,3
Março	744	49,4	45,0	46,6	527	70,1	62,8	62,0
Abril	720	43,8	41,0	41,1	510	67,6	60,1	62,4
Maio	744	46,7	42,7	44,5	527	79,9	70,9	69,8
Junho	720	49,2	45,0	45,3	510	78,4	75,1	65,4
Julho	742	45,1	42,7	42,3	527	70,1	67,0	63,5
Agosto	744	42,1	40,4	37,9	527	62,8	56,5	56,0
Setembro	720	38,9	36,3	31,9	510	58,1	54,4	42,8
Outubro	742	39,4	35,2	31,4	527	57,9	54,3	44,4
Novembro	720	37,7	35,2	35,8	510	58,1	54,4	50,7
Dezembro	714	41,5	36,6	40,4	527	68,4	61,2	56,1
Anual	8.730	42,7	39,4	29,7	6.209	64,6	58,7	44,0

## Considerações finais

A metodologia mensal de análise da vazão de referência para fins de concessão de outorga de uso da água pode ser viável, podendo servir como base para a substituição da forma de análise vigente atualmente ou mesmo a promoção de melhor adequação do método tradicional em uso.

Embora o estudo tenha sido realizado considerando apenas dois pontos amostrados no rio Dourados, é possível que o uso da vazão de referência mensal também possa servir para outros pontos da Bacia do rio Dourados, bem como para outros corpos hídricos de outras bacias hidrográficas de domínio do Estado de Mato Grosso do Sul, fato que justifica a necessidade de novos estudos neste tema.

## Referências

- BOF, L. H. N.; PRUSKI, F. F.; SILVA, L. M. C.; JUSTINO, F. Analysis of appropriate timescales for water diversion permits in Brazil. **Environmental Management**, v. 51, n. 2, p. 492-500, Feb. 2013.
- GONÇALVES, G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; ARAI, F. K.; VITORINO, A. C. T. Evolução do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados-MS, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 36, p. 366-374, 2010.
- SILVA, B. M. B.; SILVA, D. D.; MOREIRA, M. C. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da Bacia do Rio Paraopeba. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 623-634, 2015.
- SOUSA, H. T.; PRUSKI, F. F.; BOF, L. H. N.; CECOM, P. R.; SOUZA, J. R. C. **SisCAH: Sistema Computacional para Análises Hidrológicas**. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2009. 60 p.
- TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 391-441.

**Circular  
Técnica, 36**

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 449  
79804-970 Dourados, MS  
Fone: (67) 3416-9700  
Fax: (67) 3416-9721  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



**1ª edição**  
(2016): online

**Comitê de  
Publicações**

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*  
Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*  
Membros: *Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni Fontes, Danilton Luiz Flumignan, Ivo de Sá Motta, Marciana Retore, Michely Tomazi, Oscar Fontão de Lima Filho e Tarcila Souza de Castro Silva*

Membros suplentes: *Augusto César Pereira Goulart e Crêbio José Ávila*

**Expediente**

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*  
Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*